TP 1
OSCILLOSCOPE CATHODIQUE
Diode ZENER

Les étudiants sont responsables du matériel utilisé pour cela :
Vérifier la liste du matériel utilisé au début et à la fin de chaque séance.
Ne mettez sous tension un circuit qu'après vérification de l'enseignant.
En cas de déplacement d'un matériel ou d'un composant d'un endroit à l'autre, l'étudiant doit le rendre à sa place à la fin de la séance.

LISTE DU MATERIEL UTILISE :

Vérifier la liste du matériel utilisé au début et à la fin de chaque séance

- Un oscilloscope.
- Une alimentation stabilisée variable (0 - 20V).
- Un voltmètre.
- Un GBF.
- Un condensateur de capacité C = 100nF.
- Un potentiomètre de 10kΩ.
- Une résistance R = 1kΩ.
- Une résistance R = 100Ω.
- Une diode zener de tension Uz = 6,2V

Scanné avec CamScanner

I) INTRODUCTION

Le but de la manipulation est de familliariser l'étudiant avec cet appareil, outil fondamental de l'electronicien. L'oscilloscope cathodique est un "voltmètre amélioré". Alors qu'un voltmètre indique les valeurs quadratiques moyennes (valeurs efficaces) de tensions électriques sinusoîdales ou continues, l'oscilloscope donne les valeurs instantanées de toutes les tensions quelles que soient leurs formes, en les visualisant sur un écran en fonction du temps. Dans ces conditions, cet appareil permet, par exemple, de mesurer la fréquence de tensions périodiques et devient alors un fréquence-mètre.

La comparaison des valeurs instantanées de deux tensions périodiques de même fréquence permet de déterminer le déphasage entre ces tensions, l'oscilloscope est donc aussi un appareil de mesure de déphasages.

D'autres utilisations de l'oscilloscope peuvent être envisagées. Dans cette manipulation, nous nous limiterons à ces trois utilisations qui sont les plus courantes.

En raison de la grande diversité de ces appareils nous ne donnerons pas d'indications précises sur chaque type, nous rappellerons simplement le principe et la structure commune à tous les oscilloscopes.

II) DESCRIPTION DE L'APPAREIL ET PRINCIPE

1) Description de l'appareil

L'élement essentiel de l'oscilloscope est le tube cathodique. Il est constitué d'un tube de verre dans lequel on a réalisé un vide parfait (figure 1). A l'extrémité effilée du tube se trouve un canon à électron comprenant :

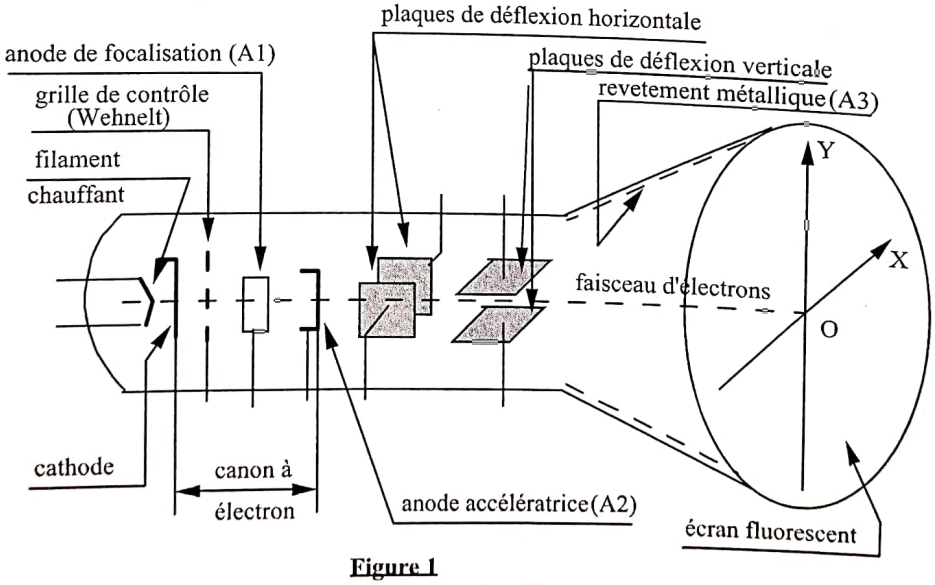


Figure 1

- Une cathode qui, portée à incondescence emet des électrons par effet thermoélectronique.
- Une grille de contrôle appelée "Cylindre de Wehnelt" portée à un potentiel négatif par rapport à la cathode. Elle permet le réglage du débit d'électrons en l'étranglant plus au moins et par conséquent agit directement sur l'intensité du faisceau et modifie donc la luminosité du spot sur l'écran. Le potentiel du Wehnelt est commandé par le bouton marqué "Luminosité".
- Une première anode A_1 de focalisation des électrons. Son potentiel est réglable à l'aide du bouton marqué "Focal" permet de rendre la trace aussi fine que possible.

Scanné avec CamScanner

- Une deuxième anode A_2 accélératrice. Son potentiel ajustable à l'aide du bouton marqué "Astigmatisme" permet de rendre le spot bien circulaire.

A la sortie du canon à électrons, on obtient un étroit faisceau parallèle d'électrons monocinétiques. Ce faisceau passe alors dans les champs électriques de deux condensateurs, dont les armatures sont constituées de deux paires de plaques, parallèles, horizontales et verticales assurant les déviations horizontales et verticales du faisceau d'électrons.

Après déviation, les électrons viennent frapper l'avant du tube formant l'écran. Celui-ci est constitué d'un dépôt de sels métalliques. Il devient fluorescent sous l'impact des électrons.

ATTENTION : ***Ne jamais laisser le spot lumineux sur un point de l'écran. Cela risquerait de détériorer la couche fluorescente à cet endroit, par échauffement.***

2) Plaques déviatrices :

A l'intérieur du tube de l'oscilloscope, deux plaques métalliques (Y'Y) parallèles et horizontales peuvent être reliés à un générateur externe. La plaque positive attire le faisceau qui est ainsi dévié vers le haut ou le bas. De même, deux plaques parallèles et verticales peuvent dévier le faisceau vers la gauche ou la droite.

III) QUELQUES UTILISATIONS SIMPLES DE L'OSCILLOSCOPE

Pour étudier les variations d'une tension on déclenche le **balayage**. Les plaques de déviation horizontale sont reliées à une base de temps qui provoque le déplacement à vitesse constante du spot de gauche à droite.

La durée de balayage est réglable. Elle est indiquée sur le commutateur de réglage (en ms/div ou ms/cm par exemple).

La tension à étudier est appliquée à l'entrée Y (plaques de déviation verticale) par l'intermédiaire d'un **amplificateur**. On peut régler le **gain** de cet amplificateur en tournant le tournant le commutateur de **sensibilité verticale** (V/div ou V/cm)

1) Etude de tensions à l'aide d'un oscilloscope

a) Tensions continues

Dans ce cas l'oscilloscope se comporte comme un voltmètre. Sur l'oscilloscope on obtient un trait vertical vers le haut si la tension est positive, vers le bas si elle est négative.

b) Tensions variables:

- ***Tensions périodiques***

Une tension est périodique si on observe sur l'écran un "motif" qui se reproduit régulièrement à l'identique. La tension reprend donc la même valeur après un intervalle de temps appelé **période (T)**

- ***Tensions alternatives***

Une tension est alternative si elle est périodique et si elle est alternativement positive et négative avec une valeur moyenne nulle.

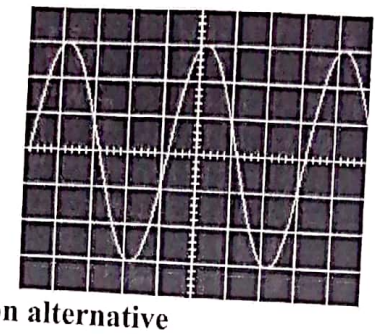
- ***Tensions alternatives sinusoïdales***

Une tension alternative u est sinusoïdale si ses variations en fonction du temps t obéissent à la relation: $U_m\sin(\omega t + \varphi)$

Scanné avec CamScanner

c) Amplitude d'une tension alternative

L'amplitude U_m d'une tension alternative est sa valeur maximale. On la calcule en multipliant le déplacement vertical maximal du spot (en cm) par le gain (en V/cm)
Ci-contre on observe une déviation maximale crête à crête de 3 cm (ou 3 divisions). Si la sensibilité est 2 V/div la tension maximale est **Um = 2V/div x 3 div = 6 V**



d) Période d'une tension alternative

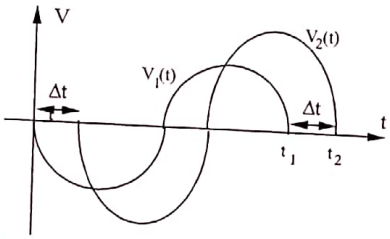
Une tension alternative est **périodique**: elle reprend la même valeur au bout d'un intervalle de temps appelé **période (T).**
On la calcule en multipliant la longueur d'un motif sur l'écran (en cm ou div), par exemple la distance horizontale entre deux maxima successifs de la courbe, par la valeur du balayage (en s/cm ou en ms/cm).
Sur l'oscillogramme ci-dessus on mesure une longueur de motif de 4 div .
Si le temps de balayage est 5 ms/div, la période est **T = 5 ms/div x 4 div = 20 ms**

e) Fréquence d'une tension alternative

La fréquence f d'une tension alternative est le nombre de périodes par seconde.
C'est l'inverse de la période. On l'exprime en **hertz** (symbole: **Hz**) f = 1/T = 1/20ms = 50Hz.

2) Mesure de déphasage

- ***Méthode de la double trace*** :



Soient deux tensions sinusoidales V_1 et V_2 d'amplitudes différentes et de même fréquence déphasées de φ l'une par rapport à l'autre :

$V_1 = a \sin(\omega t)$

$V_2 = b \sin(\omega t + \varphi)$

$t_2 > t_1 \Rightarrow V_2$ est en avance par rapport à V_1

A l'instant t_1 $\quad V_1(t_1) = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega t_1 = 0$

A l'instant t_2 $\quad V_2(t_2) = 0 \quad \Rightarrow \quad \omega t_2 + \varphi = 0 = \omega t_1$

Le déphasage sera donc :

$\varphi = \omega (t_1 - t_2) = 2\pi f (t_1 - t_2) =$ **2p Dt / T (en radian) = 360 Dt / T (en degré)**

Scanné avec CamScanner

- ***Proposition de mesure du déphasage par la méthode de l'éllipse :***

En mode XY de l'oscilloscope qui consiste à éliminer le temps entre les tensions V_1 et V_2, On obtien une ellipse.

Le déphasage φ est donné par : $\sin\varphi = \frac{CD}{AB} = \frac{EF}{GH}$ soit $\varphi = \text{Arcsin}\left(\frac{CD}{AB}\right)$ **(en degré)**

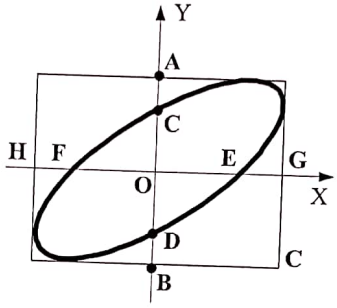
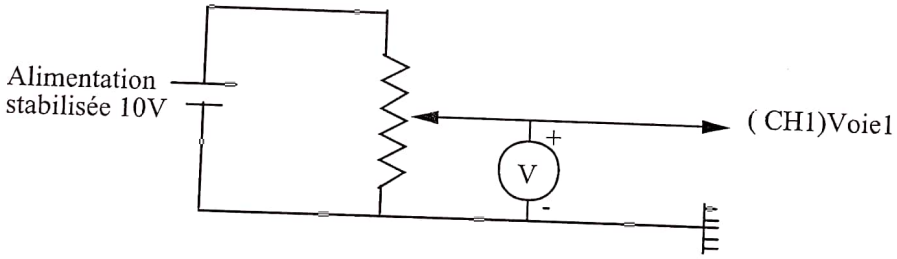


Figure 3

IV) MANIPULATION

1) mesure des tensions continues :

Réaliser le montage ci-dessous :



a) Mettre le signal d'entrée à la masse (GND) et positionner la trace sur une ligne horizontale du graduel en choisissant bien le zéro.
b) Commuter l'entrée de l'oscilloscope sur la position (DC)
c) Agir sur le potentiomètre et remplir le tableau suivant pour trois positions du curseur sur le potentiomètre.

Potentiomètre	Vlue (V)	L (cm)	Sv (V/div)	V = L . Sv (V)
Position 1				
Position 2				
Position 3				

1 div = 1cm
Vlue = tesion indiquée par le voltmètre
L = Longueur verticale de la trace (cm)
Sv = sensibilité verticale (V/div) ou (V/cm)
d) Interpréter les résultats en comparant les mesures faites par le voltmètre et l'oscilloscope.

Scanné avec CamScanner

2) Mesure de tensions périodiques :

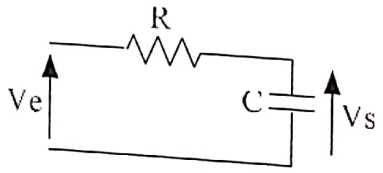
a) Brancher la sortie du GBF à l'entrée CH_1 (voie 1) de l'oscilloscope. La masse du GBF (borne noire) doit être connectée à la masse de L'oscilloscope.
N.B : La masse de l'oscilloscope est commune aux deux voies.
b) Sélectionner le mode (signal sinusoïdal) du GBF.
c) Fixer la fréquence du GBF à 1400 Hz
d) En observant la tension à l'oscilloscope, ajuster l'amplitude du signal à 4 carreaux pour le calibre 1 V/cm en agissant sur l'amplitude du GBF.
e) Représenter sur un papier millimètré la trâce obtenue.
f) Graduer les axes, mesurer la période, l'amplitude et la tension crête à crête V_{cc} ?
g) Donner l'expression mathématique décrivant cette tension en fonction du temps.
h) Refaire les mesures sur les calibres 2 V/cm et 5 V/cm.
i) En estimant l'incertitude de lecture sur l'écran à 1mm, quel est parmi ces trois calibres celui qui donne la meilleure mesure de V_{cc} ? Pourquoi ?
j) Mesurer au voltmètre la tension efficace de ce signal.
k) Vérifier la relation : $Vcc = 2\sqrt{2}Veff$

3) Mesure de la période :

Mesurer la période du signal pour les valeurs suivantes du commutateur de base de temps : 0,1 ms/cm : 0,2 ms/cm et 0,5 ms/cm. Quel est le calibre donnant une meilleur précision ? Pourquoi ? Comparer la fréquence mesurer à l'oscilloscope à celle affichée par le GBF.

4) Mesure de déphasage entre deux tensions alternatives de même fréquence d'un circuit RC.

a) Réaliser le montage de la figure suivante et fixer la tension de Ve crête à crête à 6V et la fréquence à 1kHz. (R = 1kΩ et C = 100nF).



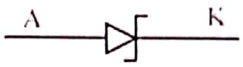
a) Régler les zéros des deux voies à la même position sur l'écran.
b) Visualiser Ve et Vs en même temps sur les deux voies CH1 et CH2
c) Mesurer le déphasage en degré entre les deux signaux de Ve et Vs à l'aide de la méthode de la double trace.
d) Passer en mode XY sur l'oscilloscope. S'assurer que l'ellipse est bien centrée sur l'écran et que les calibres sont les mêmes sur les voies X et Y. Puis déterminer $\sin(\varphi)$ puis φ. Et comparer par rapport à celle trouvée en c).
e) Refaire les deux mesures du c) et d) pour un autre fréquence de 2,5kHz.
f) Comparer les déphasages expérimentaux trouvés avec ceux théoriques donnée par la relation : $\varphi = \pi/2 - \text{Arctg}(1/RC\omega)$ **(en radian)**.

Scanné avec CamScanner

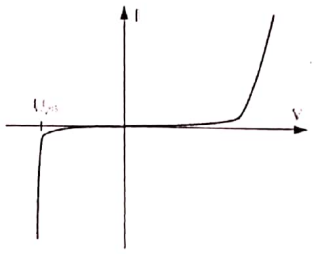
V) DIODE ZENER : REGULATION DE TENTION.

1) Présentation et comportement d'une diode zener

La **diode Zener** est une diode dont le fonctionnement en direct ressemble à celui d'une diode simple, mais en sens inverse cette diode présente l'avantage d'avoir une caractéristique I(V) dont la tension varie peu en fonction du variation du courant inverse une fois la tension de claquage est atteinte.



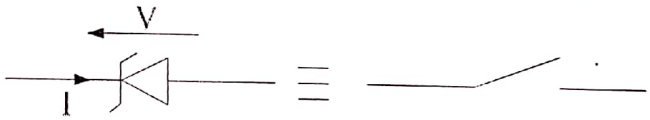
La **diode Zener** est une diode qui présente une tension inverse (tension Zener Uz). Normalement une diode laisse passer le courant électrique dans un seul sens. Les **diodes Zener** sont conçues de façon à laisser passer le courant inverse si la tension aux bornes du composant est plus élevée que le seuil d'avalanche.



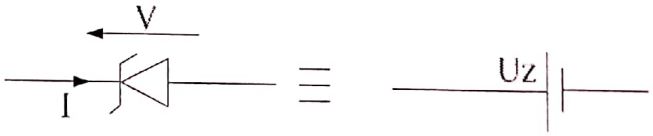
En inverse après le claquage la tension aux bornes de la diode reste pratiquement constante. Cette propriété de la diode Zener fait que ses applications se font essentiellement en polarisation inverse.

En inverse :

Pour $V < Uz$ $I = 0$, la diode se comporte comme un circuit ouvert.

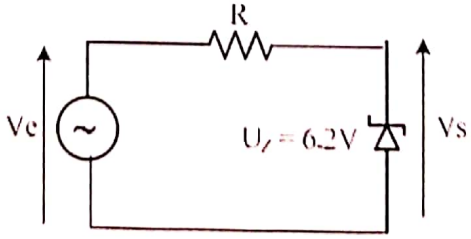


Pour $V > Uz$ $I \neq 0$, la diode se comporte comme un générateur de tension Uz.



2) Application d'une diode zener : Stabilisation et régulation de la tension.

La diode zener polarisée en inverse permet de maintenir constante la tension à ses bornes même si la tension d'entrée varie fortement.

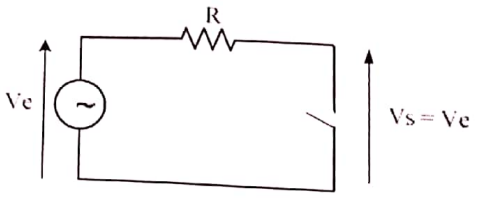


Scanné avec CamScanner

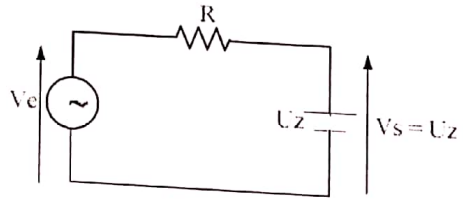
Lorsqu'on veut limiter la tension entre deux points d'un circuit à une valeur U_0, il suffit de placer entre ces deux points une diode Zener dont la tension, Zener est Uz.

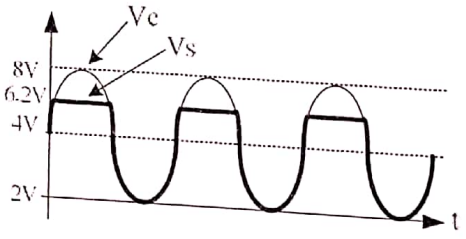
Soit Ve une tension sinusoïdale décalée de 4 volts vers le haut : $Ve = 4 + 4\sin\omega t$.

Pour $Ve < Uz \Rightarrow Vs = Ve$



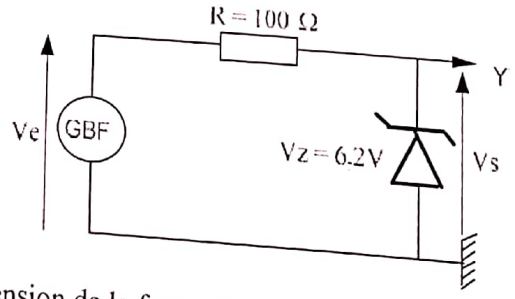
Pour $Ve > Uz \Rightarrow Vs = Uz$.





3) Manipulation

a) Réaliser le montage suivant :



b) Prendre Ve une tension de la forme $Ve = 4 + 4\sin\omega t$ et de fréquence 1kHz.

c) Relever sur l'oscilloscope la tension d'entrée Ve(t) et la tension au borne de la diode Vs.

d) Expliquer et interpréter ces figures.

Scanné avec CamScanner

TP 2
CARACTERISATION ET APPLICATIONS D'UNE DIODE SIMPLE

Les étudiants sont responsables du matériel utilisé pour cela :
Vérifier la liste du matériel utilisé au début et à la fin de chaque séance.
Ne mettez sous tension un circuit qu'après vérification de l'enseignant.
En cas de déplacement d'un matériel ou d'un composant d'un endroit à l'autre, l'étudiant doit le rendre à sa place à la fin de la séance.

LISTE DU METERIELS UTILISES

- Une alimentation stabilisée (0 - 20V).
- Un GBF.
- Un Oscilloscope.
- Un voltmètre.
- Un amperemètre.
- Une maquette de branchement format A4.
- Une diode à jonction.
- Une résistance R de 100Ω.
- Une résistance R de 10kΩ.

Scanné avec CamScanner

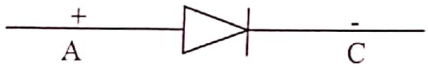
I) BUT DE LA MANIPULATION

Le but de cette manipulation est de relever la caractéristique statique d'une diode à jonction. On exploitera par la suite cette caractéristique pour en déduire le comportement d'une telle diode. Et comme application essentielle de la diode à jonction, nous allons étudié le redressement simple alternance et l'ecrétage.

II) ETUDE THEORIQUE.

Représentation de la diode

La diode est un dipôle représenté par une anode et une cathode, son schèma électrique est symbolisé par :



La diode est équivalente à une résistance très faible lorsque le courant la traverse de l'anode vers la cathode, sens appelé direct ou passant. Pour un courant de sens contraire appelé sens inverse ou bloqué de la cathode vers l'anode, la diode est équivalente à une résistance très forte.

1) caractéristique d'une diode à jonction.

A une tension donnée la diode fait correspondre un courant non proportionnel de la forme :

$$I = I_s\left[\exp\left(\frac{eV}{\eta kT}\right) - 1\right]$$

Par convention V et I sont comptés positivement comme indiqué par la figure suivante :

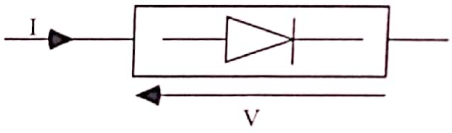


Figure 1

e : charge de l'électron = $1{,}6\ 10^{-19}$ C
k : constante de Boltzman = $1{,}38\ 10^{-23}$ J/d°
T : Température en degré Kelvin
$1 < \eta < 2$ constante dépendante du matériau et de la structure de la jonction
I_S est une caractéristique de la diode qui dépend de la température.

a) Caractéristique directe

Lorsque la diode est polarisée dans le sens passant, c'est à dire lorsque V et I sont positifs (dans le sens donné par la figure 1) :

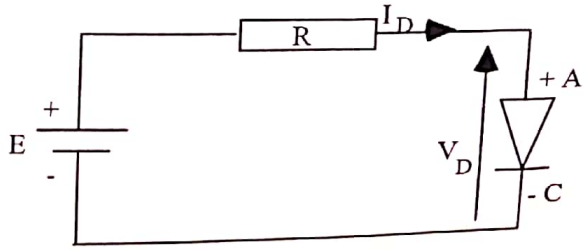


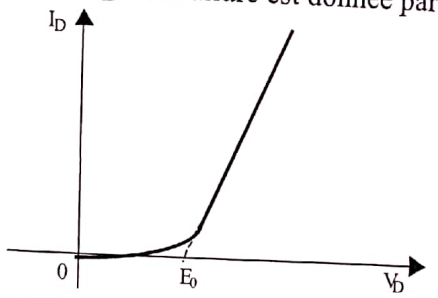
Figure 2

Scanné avec CamScanner

Dans ce cas : $\left[\exp\left(\frac{eV}{\hbar kT}\right)\right] \gg 1$ et le courant peut s'écrire : $I = I_F = I_S\left[\exp\left(\frac{eV}{\hbar kT}\right)\right]$

I_F courant direct (F comme Forward = Direct)

La caractéristique directe représente le courant I_D traversant la diode dans le sens passant en fonction de la tension à ses bornes V_D. Son allure est donnée par la figure suivante.



E_0 intersection avec l'axe des tensions de la tangente à la caractéristique réelle au point de fonctionnement est appelée **tension de seuil** ou encore **seuil de redressement**.

Lorsque la diode est polarisée dans le sens direct la diode réelle a un comportement qui diffère de celui de la jonction PN (diode idéale) par l'existence d'une résistance dynamique $r_d = \Delta V_D / \Delta I_D$ qui est donnée par l'inverse de la pente de la partie rectiligne de la caractéristique. La valeur de cette résistance dynamique varie rapidement pour les faibles courants et tend vers une valeur faible et lentement variable pour les fortes valeurs de l'intensité, comme le montre la caractéristique directe.

b) Caractéristique inverse

Lorsque la diode est polarisée en sens inverse ou encore dans le sens bloqué (figure3) (V et I sont comptés négativement ou de sens contraire à celui de la figure 1).

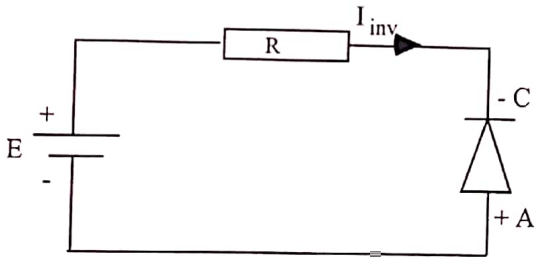


Figure 3

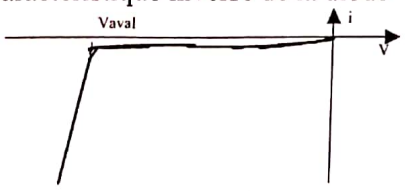
Dans ce cas : $\left[\exp\left(\frac{eV}{\hbar kT}\right)\right] \ll 1$ Le courant dans la diode est : $I = I_R \# I_S$

I_R courant inverse (R comme Reverse = inverse)

I_S est appelé courant de saturation.

La caractéristique inverse représente le courant I_{inv} traversant la diode dans le sens cathode, anode lorsque celle-ci est polarisée en inverse par une tension continue E (figure 3).

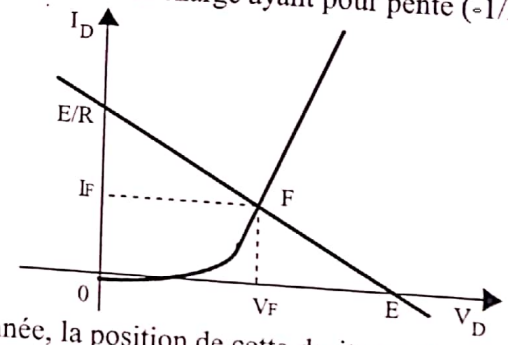
La figure suivante illustre la caractéristique inverse de la diode



Scanné avec CamScanner

3) Point de fonctionnement, droite de charge.

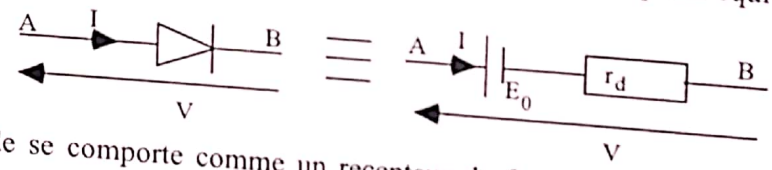
Reprenant le circuit de la figure 2, la diode est polarisée en directe par un générateur de tension continue.
Le point de fonctionnement F, est défini par l'intersection de la caractéristique directe et la droite de charge statique d'équation : $I_D = \frac{E - V_D}{R} = \frac{E}{R} - \frac{1}{R} V_D$, obtenue en utilisant la loi des mailles dans le circuit de la figure 2 ($E = RI_D + V_D$).
La figure suivante montre la droite de charge ayant pour pente ($-1/R$).



Pour une résistance R donnée, la position de cette droite ne dépent que de la tension E.

4) Modélisation d'une diode réelle.

D'après ce qui précède on peut déduire le comportement de la diode lorsque celle-ci est polarisée en direct ou en inverse et donner enfin un modèle simplifié équivalent à la diode réelle.



La diode se comporte comme un recepteur de force contre-électromotrice E_0 et de résistance interne r_d.

5) Limites d'utilisation.

a) Limitation dans le sens directe

La puissance dissipée dans la résistance interne r_d de la diode produit un échauffement de la jonction. Au delà d'une certaine température (donc au delà d'une certaine intensité) la diode serait détruite. L'intensité doit être donc limitée à une valeur maximale généralement notée I_{FM}.

b) Limitation dans le sens inverse.

Lorsque la différence de potentiel inverse appliquée à la diode augmente, le champ électrique dans la jonction augmente. Les porteurs minoritaires acquiérent une énergie cinétique qui peut être suffisante pour ioniser les atomes du cristal. Il y a alors une brusque augmentation du courant. On dit qu'il y'a claquage de la jonction, ce claquage est généralement déstructif. On limite donc la tension inverse appliquée à la diode à une valeur continue maximale notée V_{RM}.

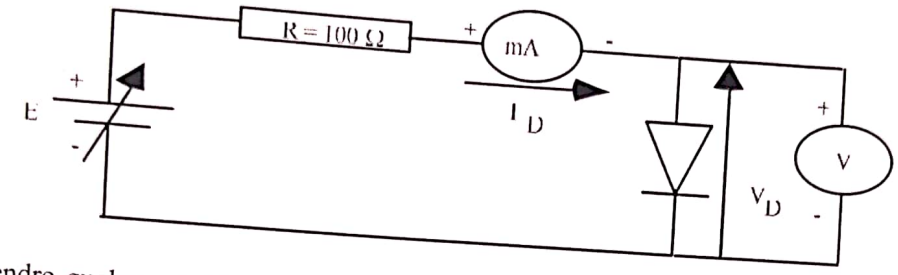
Scanné avec CamScanner

6) Manipulation.

a) Tracé de la caractéristique.

i) Caractéristique directe.

1) Réaliser le montage de la figure suivante :



2) Prendre quelques valeurs correspondantes de I et de V en variant la valeur de E de 0 à 20V. Le courant maximale admissible par la diode est de 200 mA.

3) Remplir le tableau de mesures suivant.

E (V)	0,2	0,5	0,8	1	1,5	2	5	10	15
I_D(mA)									
V_D(V)									

4) A partir du tableau précédent, tracer la caractéristique I = f(V) de cette diode sur un papier millimètré.

5) Préciser le rôle de R et justifier sa valeur, R = 100Ω.

6) Pour une valeur convenable de E, tracer la droite de charge, et déterminer graphiquement les coordonnées du point de fonctionnement. Comparer avec le point de fonctionnement théorique.

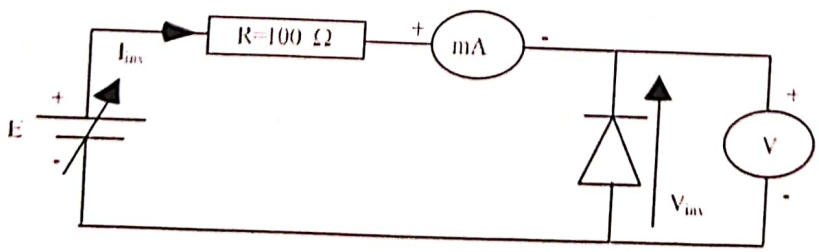
7) Déterminer à l'aide de cette caractéristique :

* La tension de seuil E_0.
* La valeur de la résistance dynamique r_d.

8) Donner un modèle simplifié de la diode.

ii) Caractéristique inverse.

Réaliser le montage de la figure suivante :



En variant la valeur de E de 0 à 20V, prener quelques valeurs de I et de V. Dresser un tableau

Scanné avec CamScanner

et tracer la caractériatique inverse I = f(V) sur un papier millimètré.

III) APPLICATION DE LA DIODE

1) Redressement simple alternance

Cette application consiste à transformer un signal alternatif en un signal unidirectionnel, ou encore éliminer l'alternance positive ou négative d'un signal donné et par conséquent obtenir ***un signal de valeur moyenne non nulle à partir d'un signal de valeur moyenne nulle***.

a) Théorie.

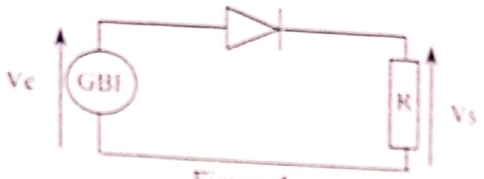
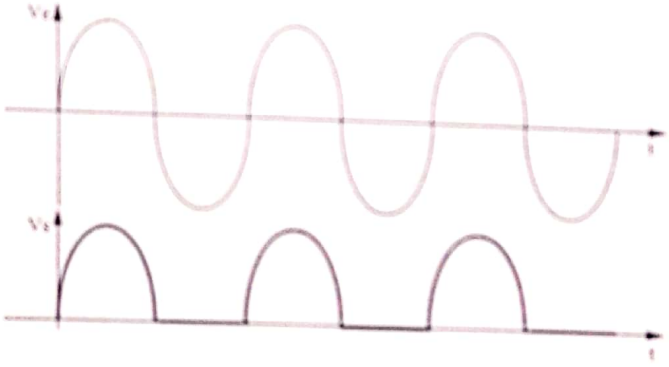


Figure 4

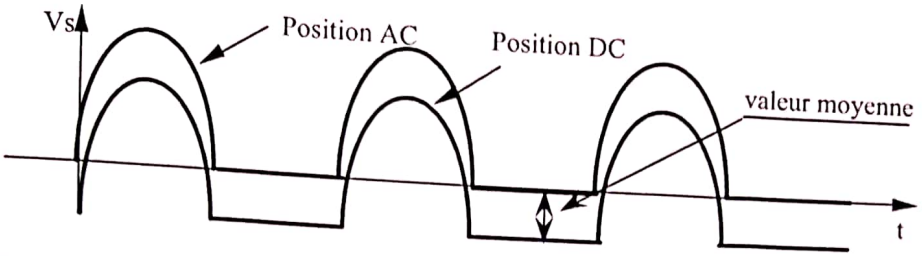
D'après le montage ci-dessus, la diode est alimentée par une tension alternative, celle-ci ne laisse passer le courant que dans le sens direct c'est à dire que lorsque la tension est positive, donc pendant une alternance sur deux.
Lorsque Ve est positive, la diode se comporte comme un court-circuit, Vs = Ve. Losqu'elle est négative, la diode se comporte comme un ciruit ouvert, le courant qui la traverse est nul et par conséquent Vs = 0.
On peut éliminer l'alternance positive de la même façon en inversant tout simplement les bornes de la diode.



b) Manipulation.

1) Réaliser le montage de la figure 4. (R = 100Ω)
2) Prendre une tension d'entrée Ve, d'amplitude 6V crête à crête et de fréquence 1kHz.
3) Relever Ve et Vs simultanément sur l'oscilloscope.
4) Tracer Ve et Vs sur un même graphe.
5) Calculer théoriquement la valeur de V_{smax} et comparer avec la valeur mesurée à l'oscilloscope.
6) Mesurer la valeur moyenne du signal redressé Vs en utilisant l'oscilloscope respectivement dans les positions AC et DC. Sur la position AC l'oscilloscope supprime la composante continue du signal, sur la position DC la composante continue du signal est maintenue. La différence entre la position AC et DC donne la valeur moyenne.

Scanné avec CamScanner



7) Comparer cette valeur à la valeur théorique qui est donné par :

$$U_{moy} = \frac{1}{T}\int_0^T U_{max} \sin \omega t \, dt$$

2) Ecrétage.

a) Théorie

Le principe est de supprimer les tensions du signal superieures ou inférieures à un niveau spécifié, d'où une limitation en tension. Le schèma de base d'un circuit écréteur est le suivant :

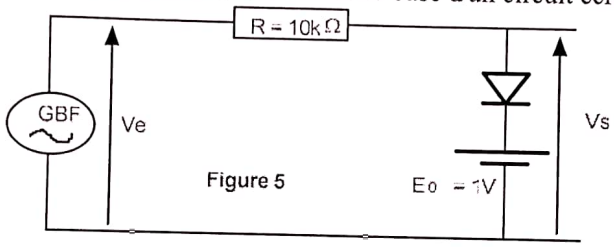


Figure 5

Le signal d'attaque est sinusoidal du type $Ve = E_{max} \sin\omega t$. et la diode est supposée idéale .

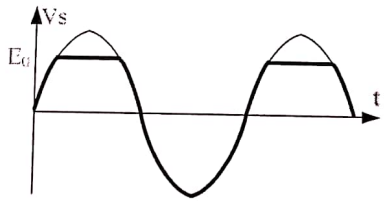
Quand la diode est passante on a :

$V_s = E_0$ pour les valeurs de $V_e > E_0$.

Quand la diode est bloquée on a :

$V_s = V_e$ pour les valeurs de $V_e < E_0$.

d'où le signal de sortie est de la forme :



b) Manipulation.

1) Réaliser le montage de la figure 5.

2) Pour **E_0 = 1V, (attention ne pas dépasser cette valeur)**, une fréquence de 500Hz et une tension crête à crête de 6V, relever la forme des tensions d'entrée et sortie.

3) Mesurer la tension maximale du signal de sortie et comparer avec la valeur théorique.

4) Que ce passe-t-il si E_0 = -1V ? Interpreter.

Scanné avec CamScanner

TP 3
MONTAGES A AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS

I. OBJECTIFS

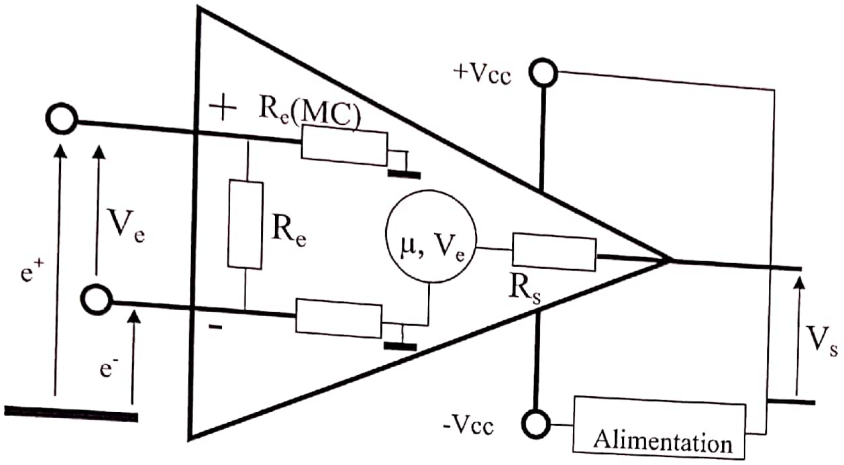
Ce TP a pour objectif d'observer le comportement de l'amplificateur par le biais de ses montages fondamentaux. Donc de découvrir les fonctions qu'il peut réaliser mais aussi ses limites d'utilisation.
Et de bien différencier les types de fonctionnements que peut avoir l'amplificateur, la réaction et la contre-réaction.
Etudier les montages fondamentaux linéaires à amplificateurs opérationnels (supposés parfaits).
Pour cela quelques notions théoriques sont nécessaires :

II- GENERALITES ET DEFINITIONS

L'amplificateur opérationnel doit son nom au fait qu'il a d'abord été conçu pour effectuer des opérations arithmétiques dans des calculateurs analogiques : addition, soustraction, résolution d'équations différentielles, ...Aujourd'hui il est devenu le composant universel de l'électronique analogique grâce à sa facilité d'emploi et son faible coût. Ce circuit peut fonctionner aussi bien en **régime linéaire** (amplificateurs, filtres, ...) qu'en **régime de commutation** (comparateurs, générateurs de signaux carrés, ...). Il sera utilisé dans ces deux types de fonctionnement en TP. Le régime de commutation est traité dans ce chapitre (bien que son étude ne corresponde évidemment à celle d'un système linéaire) pour une raison de suite logique.

- Un gain en tension très important : μ varie de 10^5 à 10^7.
- Une impédance d'entrée très grande : $RE \approx 10^5 à 10^{12} \Omega$.
- Une impédance d'entrée de mode commun très grande : $RE(MC) \approx 10^8 à 10^{12} \Omega$.
- Une impédance de sortie faible : $RS \approx 10$ à $500\ \Omega$.
- La rejection du mode commun ($\mu D/\mu MC$) est très grande.
- La réponse en fréquence va du continu jusqu'à des fréquences assez élevées : le produit gain-bande passante peut dépasser 100 MHZ.
- Ils possèdent deux entrées notées + (l'entrée non inverseuse) et – (l'entrée inverseuse) mais ont une seule sortie.
- Ils utilisent, sauf exception, deux alimentations + Vcc et – Vcc, symétriques par rapport à la masse.

Scanné avec CamScanner



III- MONTAGES FONDAMENTAUX

1- Montage AOP inverseur

a- Calcul du gain

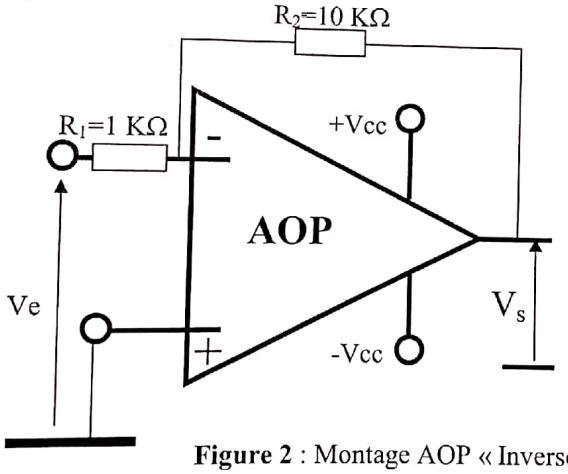


Figure 2 : Montage AOP « Inverseur »

Q1- Montrer que l'expression théorique du gain est : $G = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$ (on supposera que l'amplificateur opérationnel est idéal).

Q2- Réaliser le montage de la figure 2, V_e est un signal sinusoïdal de fréquence F=1 KHz et d'amplitude $V_{crête-crête} = 2V$.

Q3- Visualiser les tensions d'entrée et de sortie sur l'écran de l'oscilloscope. Calculer le gain G. Conclure

Scanné avec CamScanner

2- Montage AOP « Non-Inverseur »

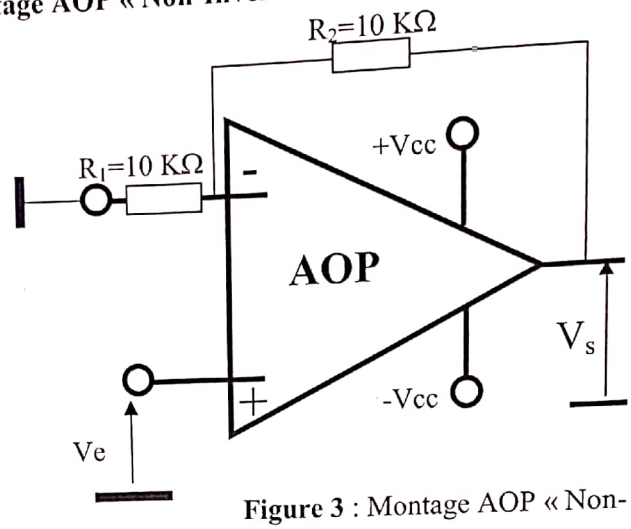


Figure 3 : Montage AOP « Non- Inverseur »

Q1- Réaliser le montage pour $R_1 = R_2 = 10\ K\Omega$, V_e est une tension sinusoïdale d'amplitude $V_{crête-crête} = 1V$ et de fréquence F= 1KHz.

Q2- Montrer que l'expression théorique du gain est : $G = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

Q3- Mesurer la valeur de G. Conclure.

3- Montage AOP « Suiveur »

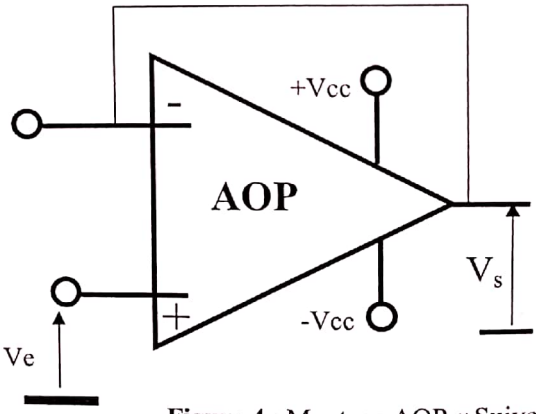


Figure 4 : Montage AOP « Suiveur »

C'est un cas particulier du montage non inverseur de gain égal à 1, et où $R_1 = \infty$ et $R_2 = 0$ (figure 4).

Q1- Vérifier la valeur du gain G pour $V_e = 2V$ à F=1 KHz.

Scanné avec CamScanner

4- Montage AOP « Sommateur-Inverseur »

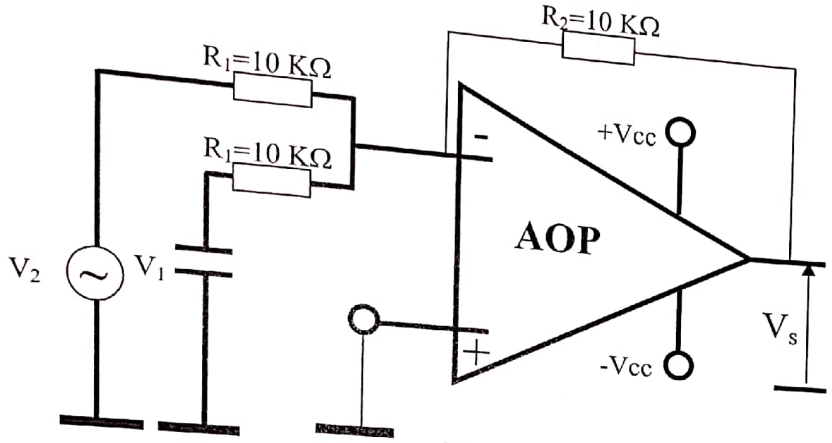


Figure 5 : Montage AOP « Sommateur-Inverseur»

Q1- Montrer que V_s s'écrit sous la forme : $V_s = -(\frac{R_2}{R_1} V_1 + \frac{R_2}{R_1} V_2)$

Q2- Réaliser le montage « sommateur » avec $R_1 = R_2 = 10\ K\Omega$, V_1 est une tension continue de 2V, V_2 est une tension sinusoïdale d'amplitude 2V crête à crête et de fréquence F=1 KHz.

Q3- Visualiser V_s et comparer à sa valeur théorique.

NB : **Attention pour visualiser V_s il faut mettre l'oscilloscope sur la position DC car la position AC élimine toujours la composante continue.**

IV- MONTAGES PARTICULIERS

1- Montage AOP « Intégrateur »

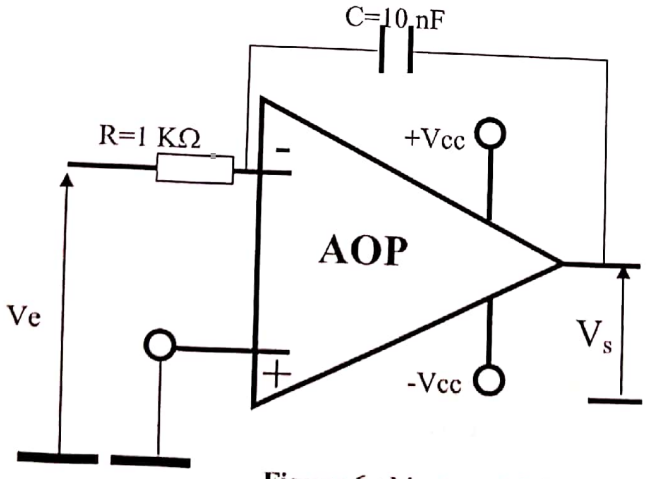


Figure 6 : Montage AOP « Intégrateur »

Scanné avec CamScanner

Par un calcul du type précédent monter que :

$$V_s = -\frac{1}{RC}\int_0^t V_e\, dt$$

Q1- Réaliser le montage avec $R = 1\ K\Omega$ et $C = 10\ nF$, V_e est un signal carré d'amplitude 4V crête à crête et de fréquence F=10 KHz

Q2- Vérifier l'intégration

Q3- D'après la pente des droites, et connaissant la valeur de V_e, calculer la valeur expérimentale de RC.

Remarque : Ajuster le DC-Offset du GBF pour avoir une tension continue nulle aux bornes du générateur.

2- Montage AOP « Dérivateur »

Soit le montage suivant :

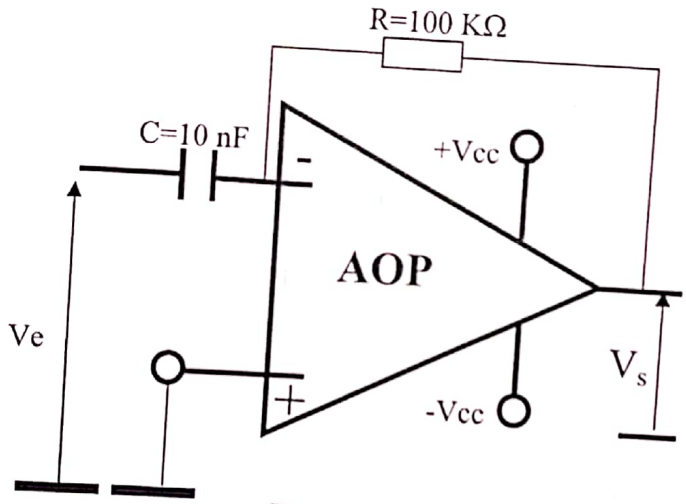


Figure 7 : Montage AOP « Dérivateur »

Q1- Par un calcul de type précédent montrer que :

$$V_s = -RC\,\frac{dV_e}{dt}$$

Q2- Réaliser le montage avec $R = 100\ K\Omega$ et $C = 10\ nF$. On prendra un signal triangulaire d'amplitude 4V crête à crête et de fréquence F= 1 KHz.

Q3- Vérifier la dérivée du signal. On montrera que l'amplitude de V_s est égale à l'opposé de la pente du signal d'entrée.

Remarque : **On placera si besoin une résistance variable de 10 KW en série avec le condensateur pour supprimer les oscillations éventuelles.**

Scanné avec CamScanner

TP 4
Le transistor Bipolaire : courbes caractéristiques

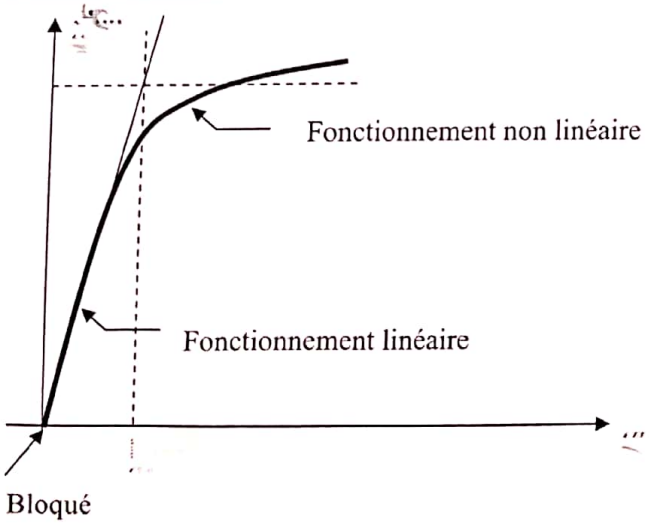
Buts du TP : Le but de ce TP est l'étude du composant « transistor bipolaire » :

- Par l'obtention des courbes caractéristiques de ce composant
- Par l'exploitation de ces caractéristiques permettant la mise en lumière de plusieurs états de fonctionnement.

I- Présentation du transistor Bipolaire

C'est un dispositif à semi-conducteur, qui peut amplifier des courants électriques.
Le transistor bipolaire est l'opérateur technique de base de fonctions de l'électronique telles que l'amplification ou la commutation. Il est obtenu en insérant un barreau semi-conducteur entre deux du type opposé. On obtient ainsi deux possibilités :
Les noms de 3 bornes ainsi constituées sont : la base (B), l'émetteur (E) et le collecteur (C).
Les représentations symboliques des transistors nous informent sur leur type (PNP ou NPN) ainsi que sur le sens des courants.
Deux jonctions constituent le transistor, jonctions que l'on peut assimiler à 2 diodes (entre B-C et B-E) dont le sens dépend du type. Ainsi, pour permettre le passage d'un courant à travers le transistor, il faut d'abord s'assurer de la conduction ou du blocage de ces jonctions.

Principe de fonctionnement :



Scanné avec CamScanner

On distingue 3 modes de fonctionnement du transistor : le mode linéaire et non linéaire (ou saturé).

La courbe représentant le courant du collecteur (I_c) en fonction de (I_B) permet d'identifier ces 3 modes de fonctionnement :

Bloqué : il n'y a pas de courant dans le transistor

Linéaire : le courant I_c est directement proposrtionnel au courant I_B, on exploite alors les propriétés d'amplification du transistor: $I_c = K\, I_B$.

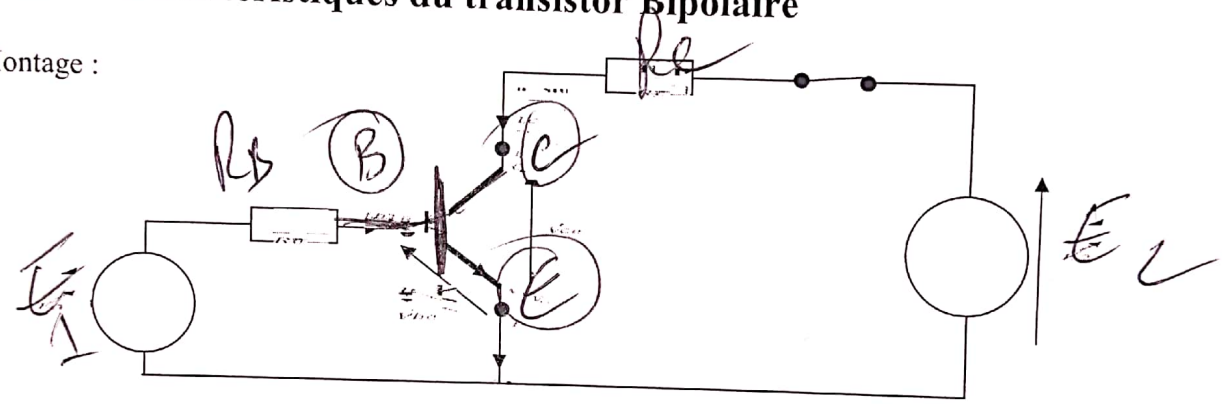
Saturé : à partir d'un certain courant I_B appelé courant de saturation I_{Bsat}, le courant I_c atteint une valeur maximale, le transistor est dit "saturé".

Très souvent, dans les différentes structures organisées autour du transistor, on distingue :

- Un circuit de commande qui détermine le régime de fonctionnement (saturé, bloqué ou linéaire) du transistor,
- Le circuit de charge qui intervient dans l'état de fonctionnement du transistor et influe sur les paramètres électriques environnants.

II- Caractéristiques du transistor Bipolaire

Montage :



2.1. Caractéristique d'entrée $I_b = f(V_{be})$ et de transfert $I_c = f(I_b)$

E_1 est une alimentation continue variable entre 0 et 12V ; E_2 10V

Avec $R_b = 10\ K\Omega$. $R_c = 100\ \Omega$

2-1-a- En jouant sur l'alimentation E_1, relever I_b, I_c et V_{be} (on mettra I_b en µA)

2-1-b- Tracer la courbe $I_b = f(V_{be})$

2-1-c- A quel composant électronique peut-on comparer la jonction base-émetteur du transistor ?

2-1-d- Tracer la caractéristique de transfert en courant $I_c = f(I_b)$

2-1-e- Retrouver sur cette courbe les différentes zones de fonctionnement du transistor bipolaire. Donner la valeur de I_{bsat} relevée sur votre courbe.

2-1-f- On appelle « coefficient d'amplification de courant », le rapport $\beta = I_c / I_b$ dans le domaine de linéarité de la courbe. Calculer la valeur de β.

2.2. Caractéristique de sortie $I_c = f(V_{ce})$

2-2-a- En jouant sur l'alimentation V_{ce} et en prenant deux valeurs de I_b, Tracer $Ic = f(V_{ce})$

Scanné avec CamScanner

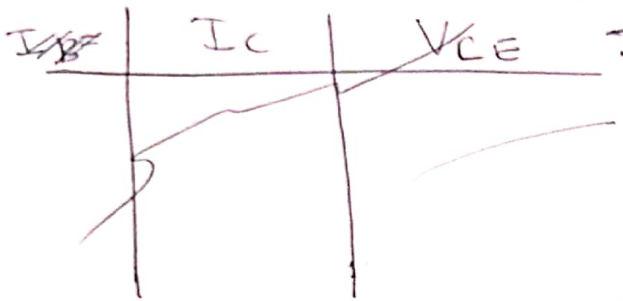
$B = \frac{I_C}{I_b}$

I_b	I_C	V_{BE}
25µA	0,47mA	
30µA	0,44mA	
0,05mA	1,6mA	

Scanné avec CamScanner

2-2

~~I_B~~	I_C	V_{CE}



(1)

$I_B = 0{,}4$ V	I_C	V_{CE}
	0	0
	7 mA	0,05 V
	10 mA	0,06
	20 mA	0,1
	30 mA	0,13
	40 mA	0,18
I	50 mA	0,3
II	60 mA	0,72

	I_C	V_{CE}
I	~~44 mA~~ 45 mA	0,22 V
	48 mA	0,26 V
	49 mA	0,26 V.
II	55 mA	0,42 V.
	58 mA	0,59 V

Scanné avec CamScanner

1/- $E_2 = 10\,V$, E_1 {0, 12V} : 0

+ tracer

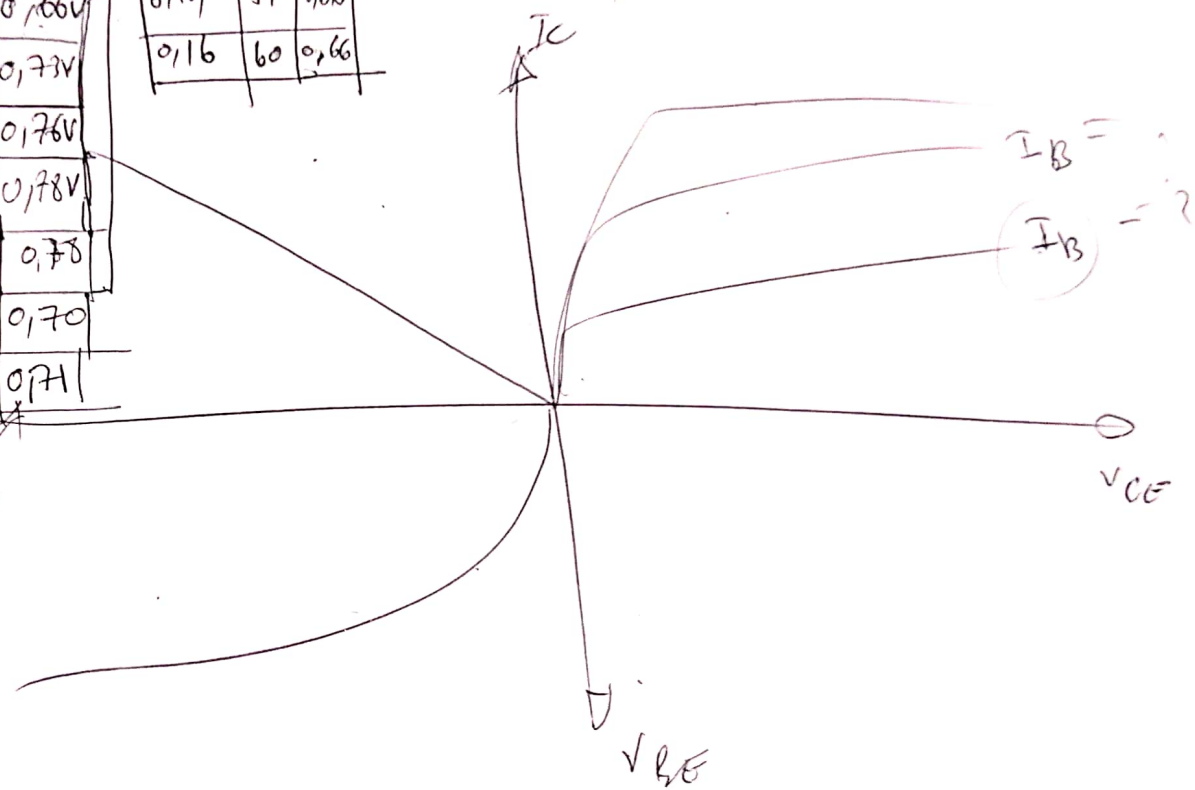
E_1	I_b	I_c	V_{BE}
0	0,1	42	0,64
2V	0,14	60	0,66V
5V	0,4	74	0,73V
7V	0,62	80	0,76V
8V	0,71	82	0,78V
10V	0,88	86	0,78
3V	0,22	66	0,70
4V	0,32	72	0,71

0,12	52	0,64
0,14	57	0,66
0,16	60	0,66

$I_C = 75\,mA$

$I_B = 0,4\,mA$

$\beta = 188$



I_B

1/- $E_2 = 10\,V$, $\cancel{E_1}$ $\{0, 12V\}$: R

+ tracer

$I_C = 75\,mA$

statique :

dynamique :

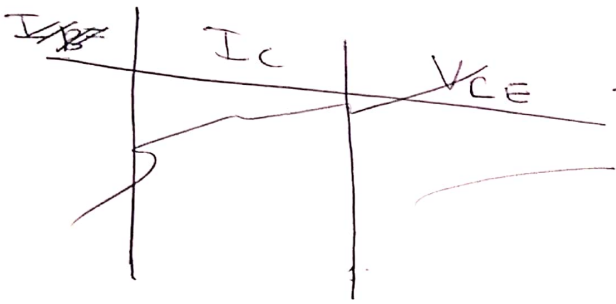
①

$I_B = 0{,}8\,mA$

I_C	V_{CE}
5mA	0,02
10mA	0,04
15mA	0,06
20 mA	0,08
25mA	0,09
30 mA	0,1
35mA	0,12
40mA	0,13
50 mA	0,16
60 mA	0,2
65mA	0,26
70mA	0,27
75mA	0,42
80 mA	0,82

Scanné avec CamScanner

2-2



	Ic	VCE
I	~~45mA~~ 45mA	0,22 V
	48mA	0,26 V
	47 mA	0,26V.
II	55mA	0,42V.
	58 mA	0,59 V

$I_b = 0,6$ mA

VCE

① $I_B = 0,4$

Ic	VCE
0	0
7 mA	0,05 V
~~10~~ mA	0,06
20 mA	0,1
30 mA	0,13
40 mA	0,18
50 mA	0,3
60 mA	0,72

I

II

Scanné avec CamScanner